

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**ФАКУЛЬТЕТ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

(повна назва інституту/факультету)

**КАФЕДРА БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

(повна назва кафедри)

До захисту допущено:

В. о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ **Владислав ШЛИКОВ**  
(підпис) (Власне ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Дипломна робота**  
на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Клінічна інженерія»  
(код та назва)

спеціальності \_\_\_\_\_ 163 «Біомедична інженерія»  
(код та назва)

на тему: Пристрій для віддаленого контролю фізіологічного стану людей похилого віку

Виконав : студент 4 курсу, групи БМ-61  
(шифр групи)

\_\_\_\_\_ **Ткаченко Маріанна Юріївна**

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ **ст. викл. каф. БМІ Юр'єва Катерина Олександрівна**

(посада, науковий ступінь, вчене звання прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Консультант 4 доц.каф. ОППЦБ, к.т.н., доц. Демчук Гліб Вікторович

(номер розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Нормоконтроль ст. викл. каф. БМІ 1 Юр'єва Катерина Олександрівна

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Рецензент проф. каф. ББЗЛ, д.п.н., проф. Вихляєв Юрій Миколайович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає  
запозичень з праць інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

«Клінічна інженерія»

« » 2020 p.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Демчук Г.В. доц. каф. ОПЦБ		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримати завдання на ДР		
2	Огляд літературних джерел		
3	Аналіз поставлених задач		
4	Розробка конструкції та структурної схеми		
	Розробка та розрахунок елементів схеми електричної принципової		
5	Розробка програмного забезпечення		
6	Налаштування зв'язку з хмарним сховищем Blynk		
7	Проектування пристрою		
8	Оформлення дипломної роботи		
9	Розділ ДР з «Охорони праці»		
10	Подання ДР нормоконтролеру		
11	Подання ДР для перевірки на плагіат		
12	Подання ДР рецензенту та отримання рецензії		
13	Подання ДР та анотації до неї на кафедру		
14	Подання пакету документів по ДР до захисту в ЕК		
15	Підготовка до захисту ДР		
16	Захист ДР в ЕК		

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Маріанна ТКАЧЕНКО  
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Катерина ЮР'ЄВА  
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи: “Пристрій для віддаленого контролю фізіологічного стану людей похилого віку”.

Обсяг звіту становить 59 сторінок, міститься 28 ілюстрацій, 19 таблиць. Загалом опрацьовано 38 джерел.

**Актуальність:** На сьогоднішній день кількість людей у всьому світі вік яких перевищує 65 років становить 617 мільйонів. Переважна більшість людей, у яких є родичі за якими необхідний постійний нагляд, мають повну робочу зайнятість, а отже не мають можливості постійно бути поруч. Таким чином наявність такого пристрою, який би постійно міг надавати інформацію про стан людини та надсилати сповіщення у разі небезпеки, могло би значно полегшити проблеми пов’язані із необхідністю постійного догляду, наприклад в умовах карантину.

**Мета:** створення пристрою для віддаленого контролю, що надає можливість віддалено контролювати стан людини похилого віку з мобільного додатку та інформує у разі критичних відхилень від норми контрольованих параметрів.

**Завдання:**

- огляд та аналіз літератури за темою дипломної роботи;
- визначення структурних складових пристрою;
- розробка та розрахунок елементів схеми електричної принципової;
- створення алгоритму роботи пристрою;
- створення програмного забезпечення.

**Ключові слова:** віддалений контроль, геріатрична допомога, датчик пульсу, датчик тиску, Arduino, BLYNK.

## ANNOTATION

Subject of thesis: “Device for distant control of the physiological health of an elderly person ”.

Thesis contains 59 pages, 28 illustrations, 19 tables and 38 sources under the list of references.

**Relevance:** Today, the number of people worldwide who are over 65 years old is 617 million. The vast majority of people who have relatives who need constant supervision, have full-time employment, and therefore do not have the opportunity to constantly be around. Thus, the presence of such a device that could constantly provide information about the state of a person and send alerts in case of danger, could significantly alleviate the problems associated with the need for constant care, for example, in a quarantined environment.

**Purpose:** develop a device for distance control of the physiological health of an elderly person, that can alert in case of danger and send constant changing data;

**Tasks:**

- review and analysis on the subject;
- selection of hardware;
- development and calculations of the electrical circuit;
- development of the main algorithm;
- software programming.

**Keywords:** distant control, geriatric help, Pulsesensor, Pressure sensor, Arduino, BLYNK.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	10
1.1 Підбір показників для здійснення контролю .....	10
1.2 Види пристроїв віддаленого контролю фізіологічного стану людини похилого віку.....	11
1.3 Методи, що лежать в основі вимірювання обраних показників.....	14
1.3.1 Сучасні методи вимірювання пульсу у портативних пристроях.....	14
1.3.2 Сучасні методи детекції падіння у портативних пристроях.....	16
1.4 Функціональна блокхема пристрою .....	19
Висновки до розділу 1 .....	19
РОЗДІЛ 2 СТРУКТУРНІ ЧАСТИНИ ПРИСТРОЮ .....	21
2.1 Плата та мікроконтролер .....	21
2.2 Датчики вимірювання фізіологічних параметрів .....	22
2.2.1 Барометричний датчик висоти і температури DPS310.....	22
2.2.2 Датчик пульсу Pulsesensor .....	25
2.3 Система живлення .....	27
2.4 Модулі безпроводного зв'язку .....	28
2.4.1 Bluetooth модуль HC-05 .....	28
2.4.2 WIFI модуль ESP-01 .....	30
2.4.3 Радіомодуль NRF24L01 .....	31
2.5 Зв'язок с сервером BLYNK .....	32
Висновки до розділу 2 .....	35
РОЗДІЛ 3 СТВОРЕННЯ ПРИСТРОЮ .....	36
3.1 Додатковий функціональний блок.....	36
3.2 Принципова схема .....	37
3.3 3Д модель корпусу.....	40
3.4 Алгоритм роботи.....	41
3.5 Arduino IDE та програмне забезпечення пристрою .....	43

					БМ61.13.2505.1191						
Вим	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Ткаченко М.Ю.			Пристрій для віддаленого контролю фізіологічного стану людей похилого віку	Лім.	Лист	Листів			
Перевірів		Юр'єва К.О.									
Реценз.		Вихляєв Ю.М.				КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБМІ БМ-61					
Н. Контр.		Юр'єва К.О.									
Затвердив		Шликов В.В.									

Висновок до розділу 3 .....	45
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	46
4.1.1 Технічні характеристики .....	46
4.1.2 Складові частини пристрою .....	47
4.2 Характер взаємодії приладу в системі «людина-об'єкт» .....	47
4.3 Оцінка потенційних небезпек, що створюються конструкцією об'єкту, який проектується та заходи їх усунення .....	48
4.4 Небезпека пожежі .....	50
4.5 Розробка інструкції з техніки безпеки при експлуатації спроектованого об'єкту .....	51
Висновок до розділу 4 .....	52
ВИСНОВКИ .....	53
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	54
ДОДАТОК А Програмний код ініціалізації датчиків .....	58

## ВСТУП

На сьогоднішній день кількість людей у всьому світі вік яких перевищує 65 років становить 617 мільйонів. [1] Найчастіше у такому віці виникає потреба у постійному догляді, в Україні переважає сімейний догляд на дому. В свою чергу він варіює від надання мінімальної допомоги у вигляді періодичного огляду пацієнта до постійного догляду. В середньому, такий догляд займає близько 24 годин на тиждень, а приблизно в 20% випадків – більше 40 годин на тиждень. [2]

Близько половини літніх людей, які старше 85 років, живуть на самоті. Незважаючи на ці проблеми, майже 90% висловлюють щире бажання зберігати свою незалежність. Багато хто боїться бути занадто залежними від інших і, незважаючи на самотність, хочуть продовжувати жити на самоті. Для того щоб допомогти їм зберегти свою незалежність, лікарі та соціальні працівники повинні заохочувати їх залучення в регулярну фізичну діяльність, забезпечити їх направлення на суспільну працю і допомогти їм у цьому.

Для пацієнтів, які живуть на самоті, координація та надання послуг у період реконвалесценції складні. Лікарі повинні переконувати пацієнтів в тому, що забезпечення догляду на дому є, і в міру необхідності рекомендувати додаткові послуги. [3]

Переважає більшість людей, у яких є родичі за якими необхідний постійний нагляд, мають повну робочу зайнятість, а отже не мають можливості постійно бути поруч. Установка в місці проживання «пацієнта» активованого індивідуального пристрою аварійного реагування може переконати його в тому, що допомога може бути отримана своєчасно.[2]

Таким чином наявність такого пристрою, який би постійно міг надавати інформацію про стан людини та надсилати сповіщення у разі небезпеки, могло би значно полегшити проблеми пов'язані із необхідністю постійного догляду, наприклад в умовах карантину.

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8



Метою дипломної роботи є проектування пристрою віддаленого контролю фізіологічного стану людей похилого віку, а також створення прототипу.

Задачі:

- огляд та аналіз літератури за темою дипломної роботи;
- визначення структурних складових пристрою;
- розробка та розрахунок елементів схеми електричної принципової;
- створення алгоритму роботи пристрою;
- створення макету пристрою;
- реалізація взаємозв'язку між мобільним додатком та пристроєм;
- створення 3д моделі.

					БМ61.13.2505.1191	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1 Підбір показників для здійснення контролю

При виборі параметрів, які даний пристрій буде контролювати, розглядалися палатні монітори пацієнта. Оскільки основним призначенням палатних моніторів пацієнта є динамічний багатопараметричний моніторинг з автоматичним аналізом даних, а також налаштовуваними звуковими і візуальними сигналами тривоги. І саме такі функції має виконувати розроблюваний пристрій в ідеалі.

Комплектація монітора пацієнта може включати в себе:

- НІАД (датчик неінвазивного артеріального тиску) і частоти пульсу;
- Датчики температури тіла;
- Датчики частоти дихання;
- Пульсоксиметр;
- Капнограф;
- Кілька відведень ЕКГ;
- Тривожна «кнопка»; [4]

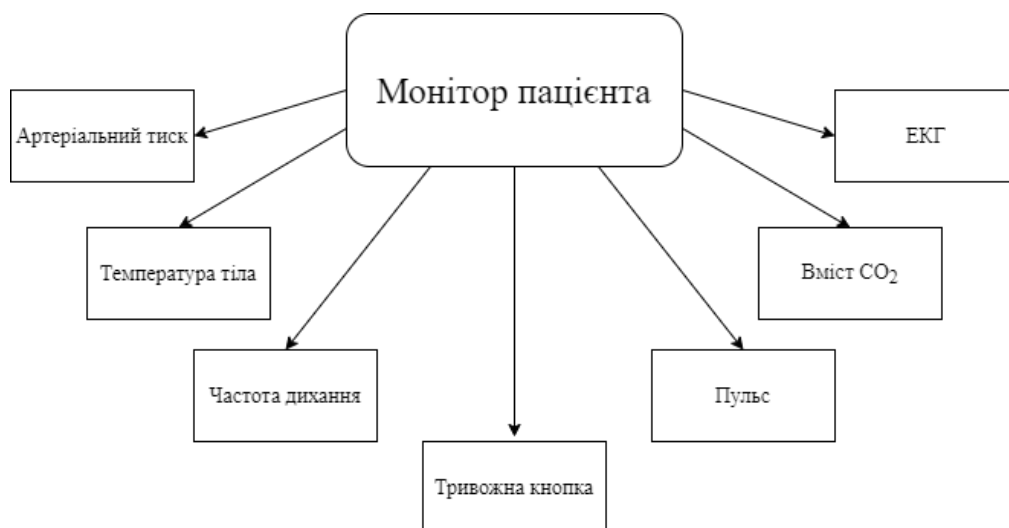


Рисунок 1.1 – Функціональна блок-схема палатного монітору

З усіх перерахованих параметрів для розроблюваного пристрою були обрані контроль пульсу, контроль температури тіла та тривожна кнопка. Через розміщення на тілі пристрою:

- здійснити аналіз вмісту CO<sub>2</sub>, використовуючи метод капнографії не є можливим, оскільки капнограф має розташовуватися у ротовій порожнині;
- виміряти артеріальний тиск точно не є можливим, оскільки пристрій не може бути трансформованим у манжету;
- виміряти частоту дихання та реєструвати ЕКГ на зап'ястку неможливо і немає необхідності.

## 1.2 Види пристроїв віддаленого контролю фізіологічного стану людини похилого віку

### 1. Lively – Senior medical alert system

Lively – це система медичного оповіщення, що складається з центрального "хаба", датчиків активності, що розташовані в будинку і моніторингу безпеки, які працюють разом для створення комплексного моніторингу в домашніх умовах. Система не вимагає підключення до Інтернету або підключення до домашньої телефонної лінії в будинку користувача, але активується і контролюється в режимі онлайн віддаленим членом сім'ї або опікуном. [5]



Рисунок 1.2 – Lively medical alert system

Дана система складається з браслету та датчиків активності, які кріпляться до відповідних нерухомих об'єктів (наприклад, кейс з пігулками, холодильника, тощо). На браслеті розташована кнопка тривоги, яка в разі її натискання зв'язує з диспетчером швидкої допомоги. Датчики активності відсилають дані про модель поведінки пацієнта на телефон доглядача або члена сім'ї.

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

## 2. Bay alarm medical

Bay Alarm Medical – це одна з кращих медичних систем сигналізації, які носять в якості браслетів, тому що вони пропонують мобільні варіанти GPS-браслетів, які є 100% водонепроникними. У них також є послуги автоматичної детекції падіння, доступні і комплект in-home + GPS, який працює поза територією квартири. [6]



Рисунок 1.3 – Bay alarm medical

Дана система складається з браслету з GPS трекером та кнопкою тривоги, має також блок, що розташовується в будинку для детекції падіння. Тривожна кнопка зв'язує пацієнта одразу з диспетчером швидкої допомоги.

## 3. Браслет GSMIN SB11

Браслет GSMIN SB11 точно вказує місце розташування людини і допоможе відшукати його в критичних ситуаціях. [7]



Рисунок 1.4 – GSMIN SB11

Даний пристрій дозволяє надсилати тривожні повідомлення, для цього необхідно завантажити додаток, а також має можливість записувати голосові повідомлення. Також має GPS-трекер.

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

#### 4. Пристрої-браслети пов'язані з пандемією COVID19

На даний момент, пристрої-браслети для віддаленого контролю хворих на COVID19 у багатьох країнах на стадії впровадження, в таблиці 1.1 наведено список країн, що планують використовувати або планують використовувати подібні пристрої для контролю умов карантину та чисельності хворих.



Рисунок 1.5 – Comarch Life Wristband [8]

Таблиця 1.1 – Пристрої-браслети в різних країнах [9]

Країна	Характеристики пристрою	Параметри контролю
Болгарія	Comarch LifeWristbands, крім підтвердження того, що людина знаходиться вдома, пристрій може контролювати частоту серцевих скорочень власника і використовуватися для виклику екстрених служб;	Містить датчик пульсу, gps-трекер, тривожну кнопку;
Бельгія	жителі випробовують соціальний дистанційний браслет, який вібрує, якщо він знаходиться в межах 3 м від іншого браслету;	Містить вібродатчик контролю дистанції між «хворими»;
Ліхтенштейн	кожен десятий житель отримає браслет для відстеження температури, дихання і частоти серцевих скорочень, і передає дані в лабораторію в Швейцарії для подальшого дослідження. Пізніше цього року ще 38 000 жителів отримають подібний пристрій;	Містить датчик температури, частоти дихання, пульсу, передає дані в лабораторію;
Гонконг та Південна Корея	поліція може бути попереджена, якщо люди, що носять електронний браслет, залишають будинок під час карантину.	Містить gps-трекер, передає дані в поліцію.

Узагальнити всі перелічені у розділі пристрої можна функціональною блок-схемою наведеною на рисунку 1.6:



Рисунок 1.6 – Функціональна блок-схема подібних пристроїв

З усіх перелічених параметрів у рамках необхідного функціоналу для розроблюваного пристрою було обрано: повідомлення тривожної кнопки, повідомлення про падіння та прямий зв'язок із сім'єю пацієнта або доглядачем.

### 1.3 Методи, що лежать в основі вимірювання обраних показників

#### 1.3.1 Сучасні методи вимірювання пульсу у портативних пристроях

#### 1. Електрокардіографія

У сучасній клінічній практиці для реєстрації ЕКГ використовують різні системи відведень: відведення з кінцівок, грудні відведення в різних конфігураціях, ортогональні відведення (по Франку) і т.п. з точки зору вимірювання пульсу можна використовувати будь-які відведення, тому що в нормальному ЕКГ R зубець в тому чи іншому вигляді присутній на всіх відведеннях.

При проектуванні гаджетів, що можна носити і різних спортивних тренажерів система відведень була спрощена до двох точок-електродів:

– Одним варіантом реалізації такого підходу є спортивні нагрудні монітори у вигляді ремінця-кардіомонітора – HRM strap або HRM band. У таких ремінцях електроди виконані у вигляді двох смужок з провідного матеріалу. Ремінець може бути частиною всього пристрою або пристібатися до нього застібками-кліпсами. Значення пульсу, як правило, передаються по Bluetooth по протоколу ANT+ або Smart на спортивні годинник або смартфон.

– Наступним варіантом реалізації двох-електродної системи є рознесення електродів на дві руки, але без постійного підключення однієї з них. У таких пристроях один електрод закріплюється на зап'ясті у вигляді задньої стінки годинника або браслета, а інший виноситься на лицьову частину пристрою. Щоб виміряти пульс, потрібно вільною рукою торкнутися лицьового електрода і почекати кілька секунд.

Новою є реалізація ЕКГ електрода у вигляді ємнісного датчика електричного поля EPIC Ultra High Impedance ECG Sensor виробництва фірми Plessey Semiconductors. Усередині датчика встановлений Первинний Підсилювач, тому його можна вважати активним. Датчик досить компактний (10x10 мм), не вимагає прямого електричного контакту, відповідно не має ефектів поляризації і їх не треба змочувати. Готових пристроїв на цих датчиках поки що не існує.

## 2. Плетизмографія

Визначення пульсу на основі плетизмографії може бути реалізовано двома основними способами: імпедансним і оптичним.

– Імпедансна плетизмографія - це метод реєстрації та дослідження пульсових коливань кровонаповнення судин різних органів і тканин, заснований на реєстрації змін повного (омічного і ємнісного) електричного опору змінному струму високої частоти. В даний час методологія способу заснована на двох або чотириточкової схемою вимірювання об'ємного питомого опору і полягає в наступному: через досліджуваний орган за допомогою двох електродів пропускається сигнал з частотою від 20 до 150 кГц (в залежності від досліджуваних тканин). Головною вимогою для роботи генератора сигналу є сталість струму, його значення вибирають зазвичай не більше 10-15 мкА. При проходженні сигналу через тканину його амплітуда модулюється зміною кровонаповнення. Друга система електродів знімає модульований сигнал, фактично маємо схему перетворювача імпеданс-напруги. При двоточкової схемою електроди генератора і приймача об'єднані. Далі сигнал посилюється, з нього вилучається несуча частота, усувається постійна складова і залишається потрібна нам дельта. Прикладів пристроїв, які використовують даний спосіб, ми поки не знайшли.

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

– Оптична плетизмографія – це найпоширеніший спосіб вимірювання пульсу з точки зору масового застосування. Звуження і розширення судини під дією артеріальної пульсації кровотоку викликають відповідну зміну амплітуди сигналу, одержуваного з виходу фотоприймача. Вибір довжини хвилі залежить від того, що ми хочемо виміряти пульс і/або сатурацію насичення крові киснем  $SO_2$ . Якщо необхідно виміряти пульс для цього випадку важлива область, де поглинання максимально – це діапазон від 500 до 600 нм, не рахуючи максимуму в ультрафіолетовій частині. Зазвичай вибирається значення 525 нм (зелений колір) або з невеликим зміщенням – 535 нм (застосовано в датчику OSRAM SFH 7050 – Photoplethysmography Sensor). [10]

Для пристрою, що має знаходитися на зап'ястку та який має виконувати ще додаткові функції найзручнішим для вимірювання пульсу є метод фотоплетизмографії. Тому при виборі датчиків вимірювання будуть розглядатися ті, що базуються на даному методі та використовують зелене випромінювання.

### 1.3.2 Сучасні методи детекції падіння у портативних пристроях

#### 1. Акселерометр

##### 1.1 Трьохосьовий акселерометр

Для детекції падіння використовується простий алгоритм, що перевіряє чи задані параметри перевищують норму. Якщо один з параметрів вище – очікуючи 3 секунди програма повертає сигнал «Падіння».

Параметрів всього п'ять і вони наведені в таблиці 1.2:

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16



Таблиця 1.2 – Параметри контролю трьохосьового акселерометра

Параметр	Формула обчислення	Назва
$A_{CBV}$	$A_{CBV}(i) = \sqrt{A_X^2(i) + A_Y^2(i) + A_Z^2(i)}, (1.1)$	Сумарна векторна величина прискорення;
$A_{DCBV}$	$A_{DCBV}(i) = ((A_X(i) - A_X(i-1))^2 + (A_Y(i) - A_Y(i-1))^2 + (A_Z(i) - A_Z(i-1))^2)^{1/2}, (1.2)$	Диференціальна сумарна векторна величина прискорення;
$\theta$	$\theta(i) = \tan^{-1} \left( \frac{\sqrt{A_Y^2(i) + A_Z^2(i)}}{A_X(i)} \right) \times \frac{180}{\pi}, (1.3)$	Кут Ейлера, що показує кут нахилу між віссю у акселерометра і вертикаллю;
$A_{GCBV}$	$A_{GCBV}(i) = \frac{\theta(i)}{90} \times A_{CBV}(i), (1.4)$	Гравітаційна сумарна векторна величина прискорення;
$A_{GDCBV}$	$A_{GDCBV}(i) = \frac{\theta(i)}{90} \times A_{DCBV}(i), (1.5)$	Гравітаційна диференціальна сумарна векторна величина прискорення.

Де  $A_X(i), A_Y(i), A_Z(i)$  показують акселерацію згідно осі X, Y та Z відповідно для i-того показника. [11]

## 1.2 Акселерометр та Гіроскоп

Даний алгоритм заснований на концепції, що під час падіння людина відчуває миттєве вільне падіння або зниження прискорення, за яким слідує раптове збільшення прискорення, а потім зміна орієнтації. Алгоритм перевіряє так само як і для трьохосьового акселерометра, чи не перевищує величина прискорення встановлену нижню межу. Якщо межа перевищена, алгоритм потім перевіряє, чи не перевищено встановлену верхню межу протягом 0,5 секунд. Якщо верхню межу порушено, алгоритм потім перевіряє, чи змінилася орієнтація людини в заданому діапазоні в межах 0,5 секунд, що вказує на те, що людина впала або спіткнулася.

Якщо орієнтація людини змінилася, алгоритм потім перевіряє, чи залишається ця орієнтація після 10 секунд, що вказує на те, що людина знерухомлена у своєму падаючому положенні на землі. Якщо це вірно, то алгоритм розпізнає це як падіння. Збій будь-якого з проміжних умов прийняття рішення призведе до скидання тригерів і відправить алгоритм в початок. [12]

Недоліком обох цих методів є те, що розпізнавання падіння відбувається через прийняття зміни орієнтації положення тіла в просторі. Оскільки розроблюваний пристрій має знаходитися на зап'ястку людини – можуть спрацьовувати сигнал «падіння», коли людина просто підняла руки, а потім опустила. Таким чином дані методи найкраще підходять для нагрудних пристроїв у вигляді кулону, або певної стрічки що кріпиться до корпусу людини поблизу центра мас.

## 2. Барометричний датчик

Основним призначенням барометричних датчиків є визначення атмосферного тиску, зв'язок між атмосферним тиском та висотою встановлюється за формулою:

$$h = 44330 \times \left( 1 - \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{5.255}} \right), \quad (1.6)$$

де  $p$  (ГПа) - це значення тиску, виміряне за допомогою барометричного датчику, а  $p_0$  (ГПа) – це тиск на рівні моря, наприклад, 1013,25 гПа.

Висота, розрахована за формулою (6), дорівнює абсолютна висота над рівнем моря в метрах. Таким чином, зміна тиску  $\Delta p = 1$  ГПа відповідає 8,43 м на рівні моря. Ця формула є мостом для з'єднання між тиском і висотою датчика.

Визначення падіння відбувається завдяки двом датчикам тиску, тобто зміною висоти одного датчика відносно іншого  $\Delta h$ .

$$\Delta h = 44330 \times \left( 1 - \left( \frac{p-p_1}{p_0} \right)^{\frac{1}{5.255}} \right), \quad (1.7)$$

де  $p_1$  – відповідає значенню тиску другого датчика. [13]

Таким чином з усіх розглянутих методів найкращим є метод заснований на вимірюванні різниці висоти між двома барометричними датчиками. Оскільки метод з використанням акселерометра повинен виявляти прискорення в дуже короткі терміни, безперервно контролюючи процес падіння, що з точки зору

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

енергозатратності значно складніше. Також з таким методом можуть виникати хибнопозитивні реакції, якщо людина вирішила сісти чи лягти.

#### 1.4 Функціональна блокхема пристрою



Рисунок 1.7 – Функціональна блокхема розроблюваного пристрою

Основною перевагою розроблюваного пристрою є більший обсяг функцій які виконуються одночасно в одному алгоритмі, на відміну від подібних пристроїв, що складаються із окремих частин. Також в процесі подальшої розробки буде досягнута можливість прямого зв'язку з членами сім'ї.

Вимірювання пульсу, засноване на методі фотоплетизмографії. Так як кров людини має червоний колір (тобто, найкраще відображає оптичне випромінювання, відповідне червоному), для кращої точності необхідно використовувати інший відтінок, добре поглинається нею. Детекція падіння виконується двома барометричними датчиками.

#### Висновки до розділу 1

Розглянуто пристрої для контролю фізичного стану людини похилого віку двох типів. Одні виконані у вигляді систем, що дозволяють одразу з'єднувати

пацієнта зі службою порятунку. Інші виконано у вигляді браслету, який містить GPS-трекер та кнопку SOS. Аналіз розглянутих пристроїв дозволив визначити параметри, за якими буде проведено моніторинг, а отже буде містити датчик температури тіла, датчик пульсу, детекцію падіння та кнопку тривоги.

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

## РОЗДІЛ 2

### СТРУКТУРНІ ЧАСТИНИ ПРИСТРОЮ

#### 2.1 Плата та мікроконтролер

Arduino Pro Mini одна з найбільш мініатюрних плат сімейства Arduino і може використовуватися в готових проектах. Побудована на мікроконтролері ATmega168, а пізніше вийшла плата на базі мікроконтролера ATmega328. Плата поставляється без впаяних роз'ємів. Це дає можливість вибрати свій спосіб підключення плати: впаяти роз'єми або виконати з'єднання пайкою проводів. Для даного пристрою була обрана плата на базі ATmega328.

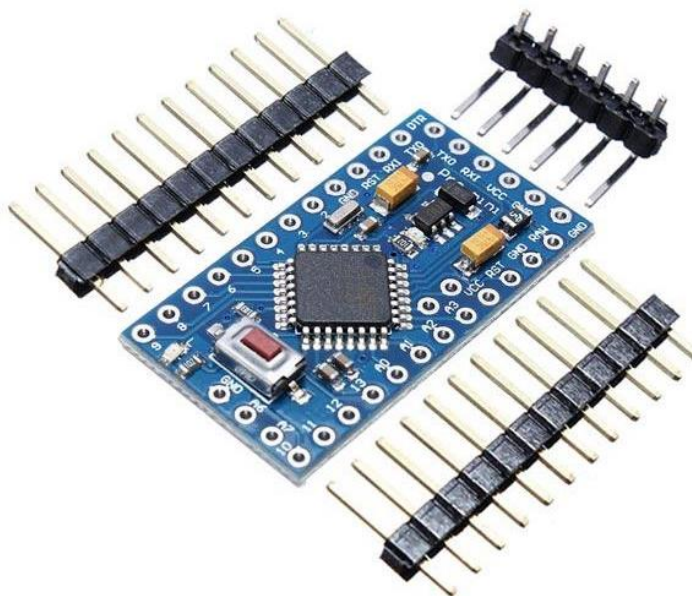


Рисунок 2.1 – Arduino Pro mini

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики Arduino Pro mini

Показник	Значення
Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	3.3 В або 5 В (в залежності від моделі)
Напруга живлення	(рекомендована) 3.35 - 12 В (модель 3.3 В) або 5-12 В (модель 5 В) (граничне) 3.35-20В
Цифрові входи / виходи	14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)
Аналогові входи	6
ШІМ (PWM) піни	6
Постійний струм через вхід / вихід	40 мА

## Продовження таблиці 2.1

Показник	Значення
Максимальний вихідний струм виводу	3.3 В 50 мА
Flash-пам'ять	32 Кб з яких 2 Кб використовуються завантажувачем
Тактова частота	8 МГц (модель 3.3 В) або 16 МГц (модель 5 В)
Габарити	33 x 18 мм.

Atmega328 – це один із найбільш розповсюджених чіпів-мікроконтролерів виробництва компанії Atmel. Це 8-розрядний мікроконтролер, який має 32К флеш-пам'яті, 1К EEPROM і 2К внутрішнього SRAM. [14]

Між ATmega328 і ATmega168 єдиною відмінністю є розмір пам'яті (у ATmega328 він більший). Швидкість обробки залежить від тактової частоти, яка задається внутрішнім / зовнішнім кристалом / генератором. [15]

## 2.2 Датчики вимірювання фізіологічних параметрів

### 2.2.1 Барометричний датчик висоти і температури DPS310

DPS310 – це мініатюрний цифровий барометричний датчик тиску повітря з високою точністю і низьким споживанням струму, здатний вимірювати як тиск, так і температуру.[16] Датчики атмосферного тиску серії DPS310 містять ємнісний сенсор, що являє собою ємнісний міст. Вихідний сигнал формується як різниця сигналів опорного і вимірювального осередків. Завдяки цьому забезпечується краща температурна стабільність і стійкість до шумів. Більш того, ємнісна схема сенсора має менше споживання, ніж резистивна. Звичайно, і в тому, і в іншому випадку струми, що протікають через вимірювальну комірку, невеликі, але для пристроїв з батарейним живленням, націленим на тривалу роботу, важливий кожен мікроампер.

Другою перевагою ємнісного сенсора є його швидкодія, що в підсумку дозволяє застосовувати датчики на його основі для відстеження динамічних процесів. Архітектура датчиків тиску серії DPS310 розрахована на отримання даних

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

більш високої точності і на високу продуктивність вимірювань в різних умовах роботи. [17]



Рисунок 2.2 – Барометричний датчик DPS310

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики DPS310

Робочий діапазон	тиск: 300 -1200 гПа. Температура: - 40-85 °C
Точність датчика тиску	$\pm 0.002$ гПа
Точність температури	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
Чутливість температури тиску	0,5 па / К
Час вимірювання	Типовий: 27,6 мс для стандартного режиму (16х). Мінімум: 3,6 мс для низького рівня
Середній споживаний струм	1.7 мкА – для вимірювання тиску, 1.5 мкА – для вимірювання температури
Вимірювання	Частота дискретизації 1 Гц, режим очікування: 0,5 мкА
Напруга живлення	VDDIO: 1.2-3.6 В, VDD: 1.7-3.6 В
Інтерфейс	I2C і SPI (обидва з додатковим перериванням)
Габарити	2,0 x 2,5 мм

До складу DPS310 входять ємнісна вимірювальна комірка, датчик температури, 24-бітний АЦП, блок цифрової обробки сигналів, пам'ять калібрувальних коефіцієнтів, FIFO-буфер для зберігання результатів вимірювань, інтерфейсний блок, а також вбудований стабілізатор напруги (рис 2.3):

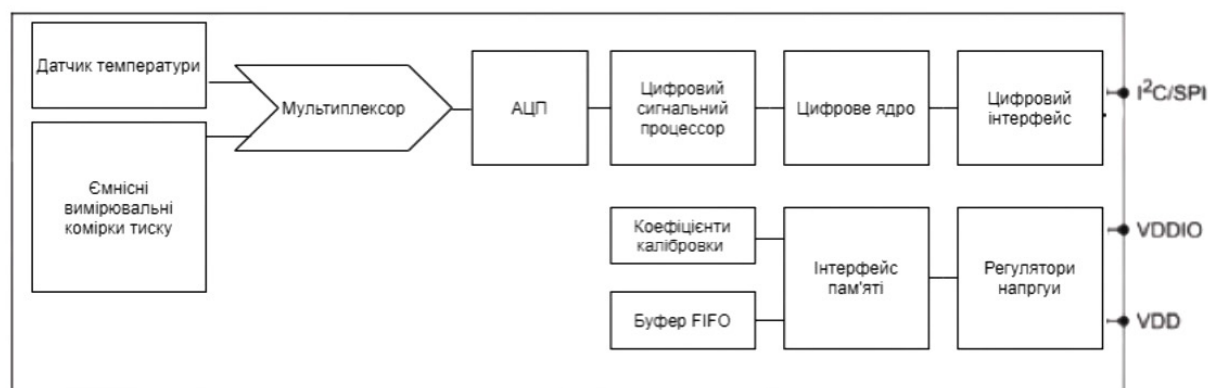


Рисунок 2.3 – Функціональна схема DPS310

FIFO-буфер може зберігати до 32 результатів вимірювань, що знижує витратність процедури опитування датчика з боку хост-контролера. Про закінчення результатів вимірювань можна дізнатися по виставленому біту в регістрі статусу або по зміні рівня на зовнішньому виводі SDO. Взаємодія з хост-контролером здійснюється по інтерфейсах I2C або SPI. [18]

Барометричні датчики типу DPS310 допомагають з позиціонуванням об'єкта. Такі барометри стали з'являтися в смартфонах, і здатні зменшити час підключення до сигналу GPS. Вбудований барометр вимірює атмосферний тиск в поточному місцезнаходження власника смартфона і визначає висоту над рівнем моря. Можливості такого барометра дозволяють створювати мініатюрний легко вбудований і інтегрований бортовий барометричний висотомір великою точністю і розширеними функціональними можливостями. [19]

Принцип роботи датчика, де визначення різниці тиску може бути перераховано кілька разів на секунду, дозволяє чітко визначати швидкість переміщення вгору і вниз, тобто використовувати навігацію не тільки в горизонтальній площині, але і у вертикальній. Завдяки цьому, виходить об'ємна навігація і в тих випадках, коли недостатньо показників звичайного GPS-навігатора (помилки близько  $10 \div 30$ м), можна користуватися можливостями цього вимірювача. Зазвичай подібні датчики включають в себе барометричний датчик тиску і систему обробки даних, а їх розміри знаходяться в межах 3х3х1 мм. крихітний сенсор реагує на зміни по висоті з точністю до 50 см. Методика вимірювання реалізована шляхом порівняння зовнішнього атмосферного тиску по відношенню до вакуумної камери всередині датчика. [18]

У ході розробки початково розглядався датчик BMP180, який також є барометричним датчиком, що вимірює тиск та температуру:

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики BMP180 [20]

Показник	Значення
Робочий діапазон	тиск: 300 -1100 гПа. Температура: - 40-85 °C
Точність датчика тиску	$\pm 0.1$ гПа



### Продовження таблиці 2.3

Показник	Значення
Точність температури	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
Чутливість температури тиску	0,5 па / К
Час вимірювання	Типовий: 27,6 мс для стандартного режиму (16х). Мінімум: 4,5 мс для низького рівня
Вимірювання	Частота дискретизації 1 Гц, режим очікування: 0,5 мкА
Напруга живлення	1,62 – 5 В;
Інтерфейс	I2C
Габарити	21 x 18 мм

З огляду на технічні характеристики обох датчиків видно, що точність датчику тиску в DPS310 в 50 разів вища і складає  $\pm 0.002$  гПа у той час, як у BMP180  $\pm 0.1$  гПа. Час вимірювання в обраного барометричного датчику менший і складає 3,6 мс.

Також габарити в BMP180 21 x 18 мм і значно більші за габарити DPS310. Через те, що розміри DPS310 2,0 x 2,5 мм і на ньому знаходяться 8 пінов, необхідно використати друковану плату.

#### 2.2.2 Датчик пульсу Pulsesensor

Датчики пульсу, засновані на методі фотоплетизмографії поділяються на два типи:

- Ті, що вимірюють пропускане світло,
- Ті, що вимірюють відображене світло. [21]

«Пропускний» метод обмежений областями, куди легко проникає світло, наприклад кінчиком пальця або мочкою вуха, зап'ясток і вимагає повної ізоляції.

Датчики, що працюють на відображення випромінюють інфрачервоне, червоне або зелене світло ( $\sim 550$  Нм) в напрямку тіла і вимірюють кількість відбитого світла за допомогою фотодіода або фототранзистора. Оксигенований гемоглобін, присутній в крові артерій, має властивість поглинати падаюче світло, тому, відчувачи швидкість кровотоку (зміна обсягу кровоносних судин), яка змінюється після серцевих скорочень з плином часу, ми можемо виміряти сигнал

пульсової хвилі. Крім того, оскільки вимірюється відбите світло, діапазон відповідних областей не обмежений. [10]

Тому розглядалися датчики, що засновані на відображенні світла. Нижче наведено опис імпульсного датчика відбивного типу (оптичний датчик для пульсометра).

Даний датчик двосторонній, з однієї сторони боку світлодіод розміщено разом з датчиком зовнішнього освітлення, а з іншої сторони функціональна схема, що відповідає за посилення і шумозаглушення. Світлодіод на передній стороні датчика розташовується над веною. Це може бути або кінчик вашого пальця, або кінчики вух, але він повинен бути поміщений безпосередньо поверх вени. В випадку розроблюваного пристрою, він буде розташований на зап'ястку. [22]



Рисунок 2.4 – Датчик пульсу PulseSensor

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики PulseSensor

Показник	Значення
Робоча напруга	+5 В або +3,3 в
Споживаний струм	4 мА
Захист	Вбудована схема посилення і шумозаглушення.
Діаметр	16 мм
Товщина	3 мм

Датчик пульсу підсилює аналоговий сигнал і нормалізує щодо точки середнього значення напруги живлення датчика ( $V/2$ ). Датчик пульсу реагує на відносні зміни інтенсивності світла. Якщо кількість світла, що падає на датчик залишається постійним, величина сигналу буде залишатися поблизу середини діапазону АЦП. Якщо реєструється велика інтенсивність, то крива сигналу йде вгору, якщо менша інтенсивність, то, навпаки, крива йде вниз. [23]

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

MAX30100 та MAX30102 – це датчики від Maxim Integrated для пульсоксиметрії та моніторингу серцевого ритму. Так само як і PulseSensor містять в собі два світлодіоди, фотоприймач, оптимізовану оптику і малошумну аналогову обробку сигналів для виявлення імпульсної оксиметрії і сигналів серцевого ритму.[24]

Оскільки розроблюваний пристрій виконаний у вигляді браслету, що необхідно носити на зап'ястку, основною вимогою від датчиків є здатність отримувати якісні результати при вимірюванні у такому місці тіла. Вимірювання пульсу з використанням червоного або інфрачервоного світла може бути піддано впливу інфрачервоних променів, що містяться в сонячному світлі (тобто на відкритому повітрі), що перешкоджає стабільній роботі. Тому, щоб не створювати додаткових умов вимірювання доцільніше використовувати випромінювання у зеленому діапазоні, як у датчика PulseSensor.

### 2.3 Система живлення

Система живлення виконана на основі модуля заряду TP4056 – контролері зарядки Li-Ion і Li-Po акумуляторів на 3.7 В з вбудованим термодатчиком, це завершене виріб з лінійним зарядом за принципом постійна напруга/постійний струм для одноелементних літій-іонних акумуляторів. TP4056 автоматично завершує цикл зарядки при досягненні напруги на ньому 4.2 В і зниженні струму заряду до 1/10 від запрограмованої величини. Модуль має індикацію процесу заряду. У момент заряду світиться червоний світлодіод, а коли батарея буде повністю заряджена засвітиться зелений світлодіод, червоний при цьому згасне.[25]



Рисунок 2.5 – Модуль зарядки TP4056

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики TP4056

Показник	Значення
Режим зарядки	лінійна 1%
Струм зарядки	до 1A (налаштовується)
Точність зарядки	1.5%
Вхідна напруга	4.5-5.5 В
Показник	Значення
Напруга повного заряду	4.2 В
Індикатори	червоний-зарядка, зелений — в деяких версіях синій) - заряд закінчено
Діапазон температур	-10 до + 85 °C
Захист від перезаряду	4.30±0.050 В
Розміри плати	25 x 17 x 4 мм

Оскільки вся схема живиться напругою 3,3 В, а модуль живлення дає напругу 4,2 В, виникає необхідність в стабілізаторі. У платі Arduino він є вбудованим, але в ході тестування виникали сильні пульсації, які заважали отримувати нормальний сигнал, коли було відімкнено Bluetooth-модуль пульсації зникли, тому для Bluetooth-модуля був підключений власний стабілізатор, який буде видно на схемі.

## 2.4 Модулі безпроводного зв'язку

### 2.4.1 Bluetooth модуль HC-05

HC-05 - це Bluetooth модуль, який має двосторонню бездротову функціональність у ваші проекти. Його використовують для зв'язку між двома мікроконтролерами, такими як Arduino, або для зв'язку з будь-яким пристроєм з функцією Bluetooth, наприклад телефоном або ноутбуком. Є багато додатків для android, які вже доступні, що робить цей процес набагато простішим. Однак. цей

модуль не здатний передавати Мультимедіа, такі як фотографії або пісні, але для даного пристрою немає такої необхідності. [26]

Технологія Bluetooth використовується для передачі даних між двома пристроями, які знаходяться в безпосередній близькості один з одним, причому необов'язкова пряма видимість. Технологія Bluetooth забезпечує хорошу стійкість до широкосмугових перешкод, що дозволяє безлічі пристроїв, що знаходяться в одному місці, одночасно спілкуватися між собою, не заважаючи один одному. Дуже широко дана технологія використовується в телефонах, планшетах, ноутбуках. [27]



Рисунок 2.6 – Bluetooth модуль HC-05

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики HC-05

Показник	Значення
Діапазон частот радіозв'язку	2,4-2,48 ГГц
Потужність передачі	0,25-2,5 мВт
Чутливість	-80 dBm
Напруга живлення	3,3-5 В
Споживаний струм	50 мА
Радіус дії	до 10 метрів
Інтерфейс	послідовний порт
Режими	master, slave
Робочий діапазон температур	-25 ... 75 °C
Габарити	27 x 13 x 2,2 мм

Також було розглянуто модуль Bluetooth HC-06, що наведений у таблиці 2.6:

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики HC-06 [28]

Показник	Значення
Діапазон частот радіозв'язку	2,4-2,48 ГГц
Потужність передачі	0,25-2,5 мВт
Чутливість	-85 dBm
Напруга живлення	3,3-6 В

### Продовження таблиці 2.7

Показник	Значення
Споживаний струм	40 мА
Радіус дії	до 10 метрів
Інтерфейс	послідовний порт
Режими	slave
Робочий діапазон температур	-20 ... 55 °С
Габарити	27 x 13 x 2,2 мм

Даний модуль є новішою версією HC-05, тому в нього збільшена чутливість та робочий діапазон температур, але вони також мають різну прошивку. HC-05 може бути master або slave. HC-06 є тільки slave. Це означає, що HC-05 може ініціювати та приймати з'єднання з іншим пристроєм, а HC-06 може лише приймати. Оскільки модуль необхідний для того, щоб передавати дані з пристрою на телефон, необхідна властивість ініціювати з'єднання, тому було обрано даний датчик.

### 2.4.2 WIFI модуль ESP-01

ESP-01 – це модуль WiFi 802.11 b/g/n, побудований на базі чіпсета ESP8266EX. При кожному включенні живлення дане ПЗ автоматично завантажується в чіп ESP8266EX. [29]

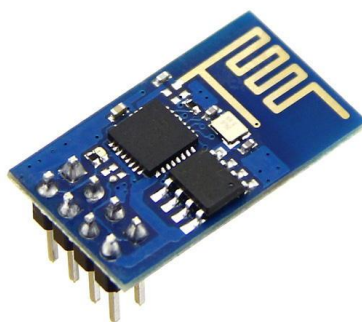


Рисунок 2.7 – WIFI модуль ESP-01

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики ESP-01

Показник	Значення
Джерело живлення	+ 3,3 В;
Споживаний струм	100 мА;
Напруга вводу/виводу	3,6 В (Макс.);

### Продовження таблиці 2.8

Показник	Значення
Струм джерела вводу/виводу	12 мА (макс.);
Вбудований малопотужний 32-розрядний Мікроконтролер	80 МГц
Флеш-пам'ять	512 кБ;
Робочий діапазон температур	-40°C - 125°C;
Габарити	14.3x24.8x3 мм.

WiFi модуль є можливим доповненням, у випадку, коли людина похилого віку немає власного мобільного пристрою, оскільки в такому разі дані з Bluetooth модуля нікуди не будуть передаватися. Даний модуль передбачений для домашнього користування і діапазону його дії вистачає для виконання поставлених задач. Відповідно у випадку, коли замість HC-06 буде стояти ESP-01, дані з пристрою передаватимуться по мережі на сервер BLYNK, а звідти на пристрій доглядача або члена сім'ї.

### 2.4.3 Радіомодуль NRF24L01

NRF24L01 на 2.4 ГГц належить до датчиків радіопередачі від Arduino, основні можливості даного радіомодуля :

- Віддалене зняття показань з датчиків температури, тиску, систем сигналізації на основі піроелектричних датчиків руху;
- Бездротове управління і моніторинг стану роботів на відстані від 15 до 600 метрів;
- Бездротове управління і моніторинг приміщень в сусідніх будинках;
- Загалом, практично все, що вимагає бездротових систем управління та моніторингу. [30]



Рисунок 2.8 – Радіомодуль NRF2L01

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики NRF2L01

Показник	Значення
Робоча Напруга	3,3 В
Номінальний струм	50 мА
Діапазон	15 – 600 м
Робочий струм	250 мА (максимум)
Комунікаційний протокол	SPI
Швидкість передачі даних	Від 250 Кбіт / с до 2 Мбіт / с.
Частотний Діапазон	125
Максимальна кількість вузлів	6
Габарити	29мм x 16мм x 11мм

Оскільки розроблюваний пристрій має співпрацювати також з додатковим функціональним блоком, для того, щоб між ними було встановлено зв'язок необхідний радіомодуль.

Є також радіомодуль з тої самої серії але, який працює на частоті 433 МГц, але порівнюючи обидва в NRF24L01 на 433 МГц є такі недоліки:

- На частоті 433,920 МГц працюють безліч інших пристроїв (радіо люстри, радіо розетки, радіо брелки, радіо моделі і т.д.), які можуть «глушити» передачу даних між радіо модулями.

- Відсутність зворотного зв'язку. Модулі розділені на приймач і передавач. Таким чином, на відміну від модуля nRF24L01+, приймач не може відправити передавачу, сигнал підтвердження прийому.

- Низька швидкість передачі даних, до 5 Кбіт / сек.

- Приймач MX-RM-5V критичний навіть до невеликих пульсацій на шині живлення. Якщо Arduino управляє пристроями вносять навіть невеликі, але постійні, пульсації в шину харчування (сервоприводи, LED індикатори, ШІМ і т.д.), то приймач розцінює ці пульсації як сигнал і не реагує на радіохвилі передавача.

[31]

Тому доцільніше використовувати обраний радіомодуль.

## 2.5 Зв'язок с сервером BLYNK



BLYNK це «хмаровий» сервіс, який дозволяє керувати апаратним забезпеченням віддалено, він може відображати дані датчиків, він може зберігати дані та візуалізувати їх.

Платформа складається з трьох основних компонентів:

- BLYNK App – це додаток, що дозволяє створювати інтерфейс для проекту, використовуючи різні віджети, що надаються.

- BLYNK Server – це сервер, що відповідає за всі комунікації між смартфоном і апаратним забезпеченням. Можна використовувати хмару BLYNK або запустити свій приватний сервер локально, залежно від потреб. Він має відкритий вихідний код, може легко обробляти тисячі пристроїв і навіть може бути запущений на Raspberry Pi.

- Бібліотеки BLYNK - для всіх популярних апаратних платформ-забезпечують зв'язок з сервером і обробляють всі вхідні та вихідні команди. [32]

Найпростішим способом реалізувати віддалене управління є використання Web-сервера на вашому пристрої. Основною перевагою BLYNK є те, що немає обов'язкової необхідності встановлювати на плату WiFi модуль, оскільки налаштування з інтернетом може відбуватися завдяки ПК користувача, для цього попередньо необхідно встановити бібліотеку Blynk яка є в загальному доступі. [33]

Також віддалене управління може бути здійснене шляхом так званого «Спільного користування», коли розробник надсилає QR-код своїм користувачам – вони в свою чергу завантажують додаток BLYNK, сканують QR-код, і додаток відкривається для них готовим до використання. Без необхідності входу в систему або створення облікового запису. [34]

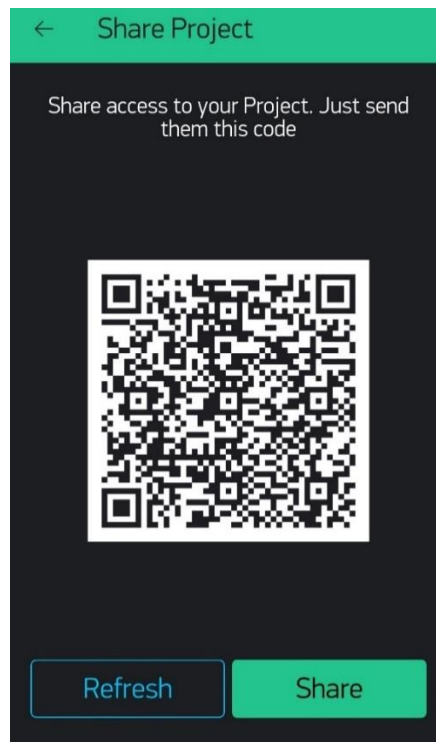


Рисунок 2.9 – «Спільний доступ»[35]

Щоб створити проект у Blynk, необхідно виконати такі дії:

1. Встановити додаток Blynk на свій смартфон, він є в Appstore для IOS і в GooglePlay для Android;
2. Завантажити бібліотеку Blynk v0.3. 1 і встановити її на свій ПК. Встановити правильний порт ПК в положення зв'язку з платою Arduino;
3. Розробити власний код на мові Arduino IDE;
4. Запустити Blynk на смартфоні;

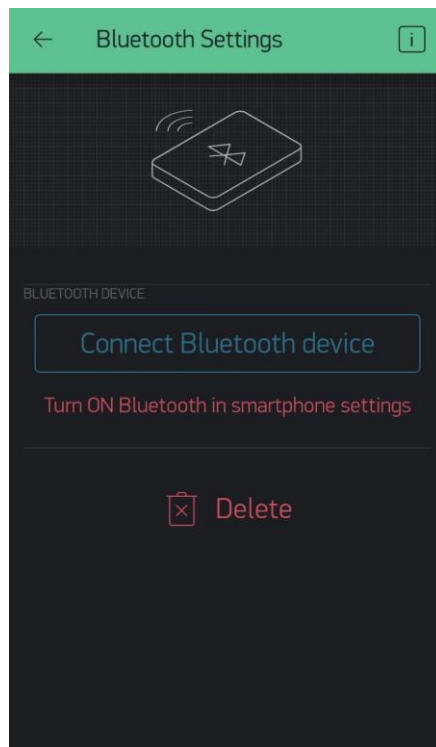


Рисунок 2.10 – З’єднання через Bluetooth

Щоб налаштувати з’єднання між пристроєм і додатком відбувається через Bluetooth-модуль, необхідно виконати всі перелічені кроки, але додатково у додатку необхідно вказати, що Connection type – Bluetooth, а потім вручну обрати свій пристрій, який частіше за все має назву плати (наприклад Arduino Uno, Arduino Nano і тд).

## Висновки до розділу 2

У даному розділі були підібрані структурні компоненти для розробки пристрою: датчики вимірювання фізіологічних параметрів, модулі безпроводного зв’язку, була обрана плата та мікроконтролер. Також у ході тестування було усунуто певні недоліки у вимірюванні обраних параметрів.

## РОЗДІЛ 3 СТВОРЕННЯ ПРИСТРОЮ

### 3.1 Додатковий функціональний блок

Як було сказано раніше принцип роботи датчику тиску DPS310 заснований на визначенні різниці між атмосферним тиском у двох точках. Для літальних апаратів «орієнтиром» стають маяки з заданою висотою. У випадку розроблюваного пристрою, такі маяки використовувати неможливо, а отже є великий шанс того, що один датчик DPS310, що розташований на браслеті не зможе детектувати падіння пацієнта. [36]

Для того, щоб уникнути такої ситуації необхідно створити додатковий функціональний блок, який розташовується на підлозі квартири/палати/будинку.

До складу цього функціонального блоку входять:

Таблиця 3.1 – Складові другого функціонального блоку

№	Найменування пристрою та функціональних блоків	Основні характеристики	Кількість
1.	Модуль зарядки TP4056	Вид акумулятора: Li-ion; Напруга повного заряду: 4.2 В; Діапазон температур: -10 до + 85 °С; Габарити: 25x17x4 мм;	1
2.	Плата Arduino Pro mini на ATmega328	Клас за способом захисту: I; Клас за ступенем захисту: IP 30; Робоча напруга: 3.3 В; Напруга живлення: 3.3-20 В; Тактова частота: 8 МГц; Струм живлення контактів: 200 мА; Габарити: 33x18 мм;	1
3.	Датчик тиску і температури DPS310	Клас за способом захисту: I; Клас за ступенем захисту: IP 30; Робоча напруга: 3.3 В; Робочий струм: для тиску – 1.7 мкА, для температури – 1.5 уА; Габарити: 2 x 2.5 мм	1
4.	Радіомодуль NRF24L01	Клас за способом захисту: I; Клас за ступенем захисту: IP 30; Робоча напруга: 3.3 - 5 В; Робочий струм: 50 мА; Радіус дії: 15-600 метрів Габарити: 29 x 16 x 11мм	1
5.	Замкове реле	Робоча напруга: 6 - 12 В; Габарити: 27 x 27 x 17 мм	1

Додатковою функцією цього блоку також стало віддалене відмикання дверей, у випадку, коли викликали служби спасіння, щоб вони мали можливість потрапити у квартиру. Це стало можливим завдяки замковому реле, яке кріпиться до електронного замка:

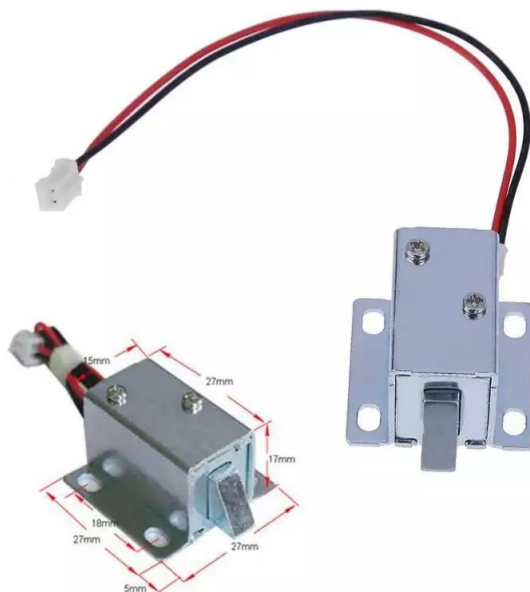


Рисунок 3.1 – Приклад електронного замка

Електронний замок відповідно встановлюється в двері, а другий функціональний блок на підлозі, біля виходу, завдяки радіомодулю NFR24L01 він з'єднаний з пристроєм-браслетом пацієнта, а відповідно від нього завдяки Bluetooth модулю HC-05 через BLYNK app з мобільним пристроєм доглядача.

### 3.2 Принципова схема

Оскільки пристрій складається з двох функціональних блоків, відповідно для кожного блоку є своя принципова схема. Принципові схеми були побудовані завдяки Fritzing – середовище для побудови електричних схем для Arduino плат.

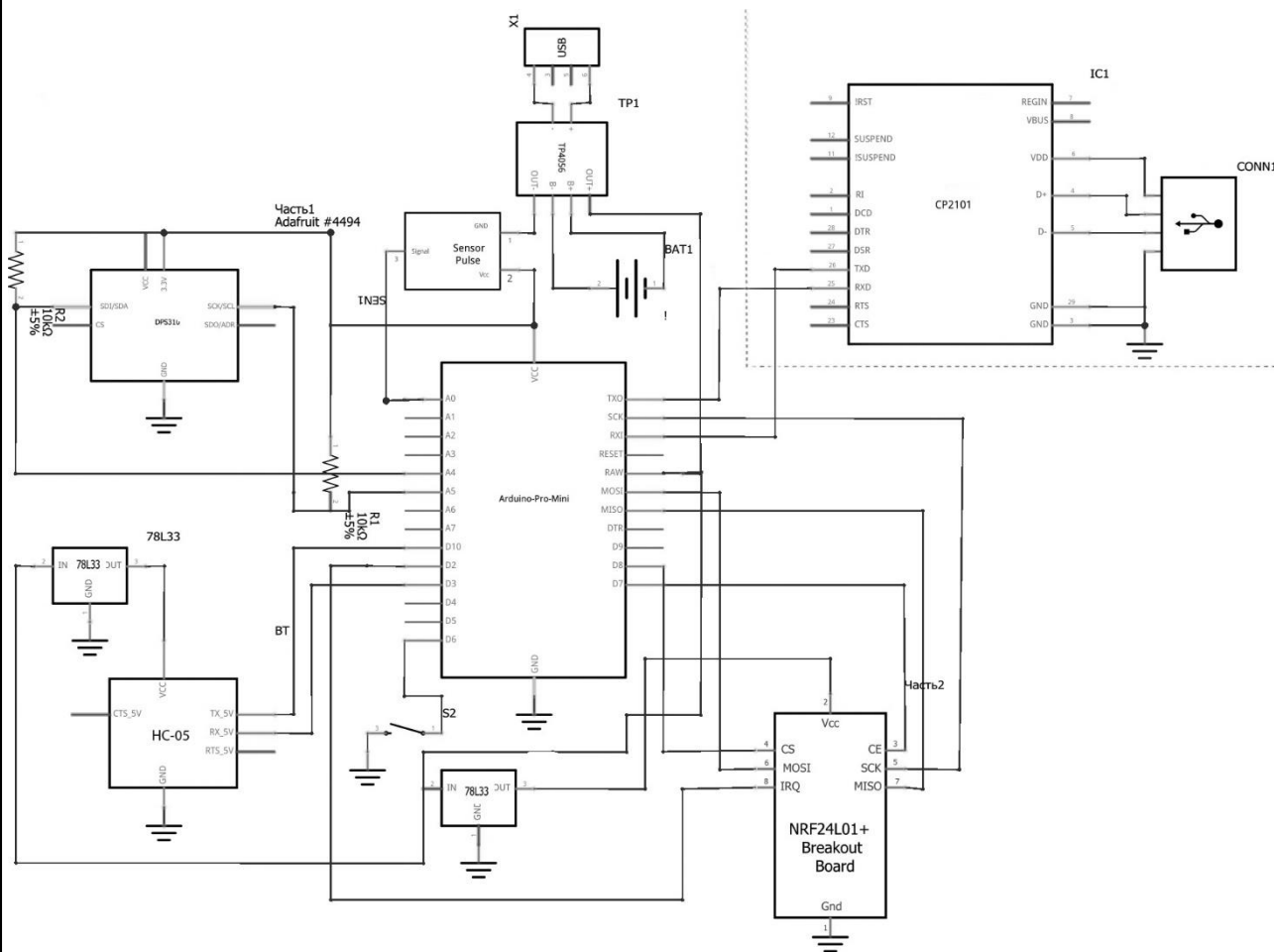


Рисунок 3.2 – Принципова схема функціонального блоку 1

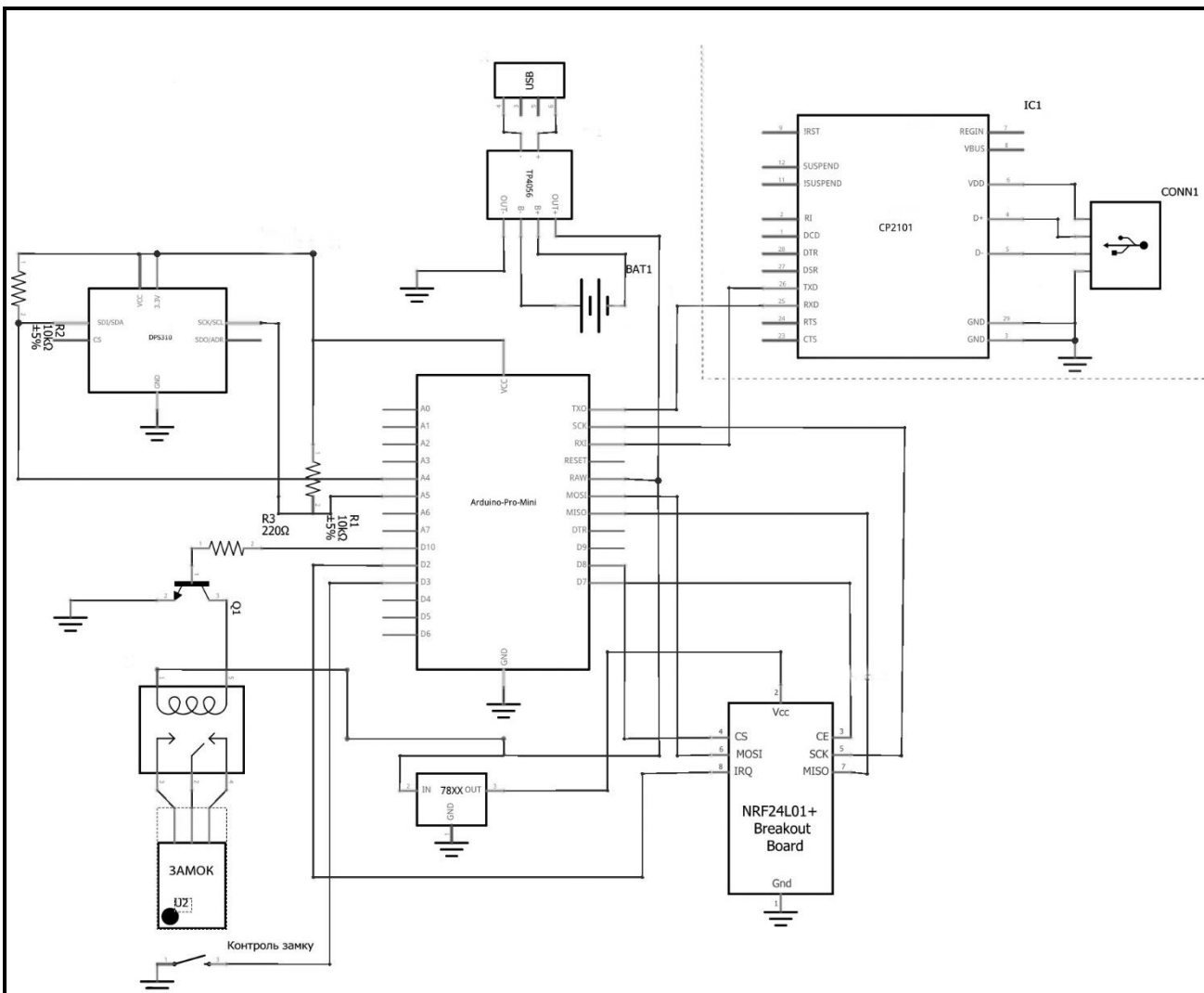


Рисунок 3.3 – Принципова схема функціонального блоку 2

Де, USB програматор UART виконаний за допомогою CP2102 – програматор необхідний для програмування Arduino Pro Mini та інших подібних контролерів, що мають підтримку шини UART з TTL логікою.

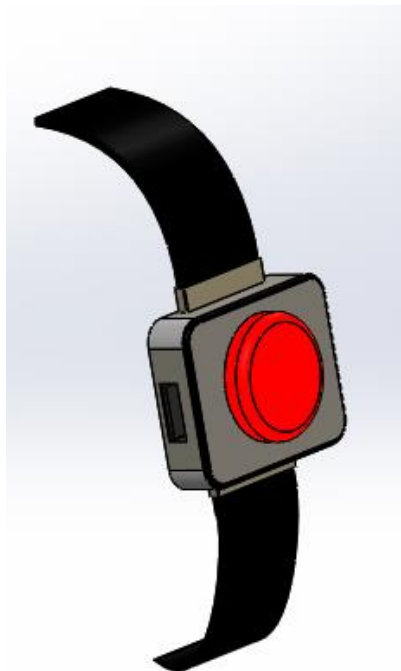
Він відрізняється від інших подібних пристроїв наступними функціями:

- Програматор має додатковий висновок DTR, який можна підключити до входу RESET на контролерах, що не мають USB на платі;
- Має додаткові висновки на платі;
- Має можливість змінювати VID, PID та Ім'я, з яким впізнається плата;

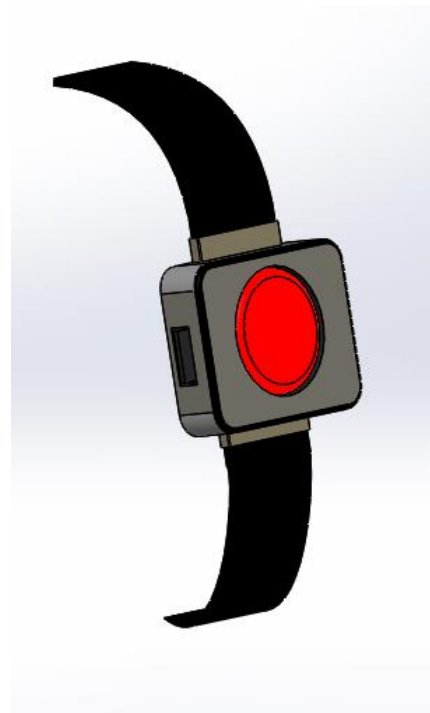
Програматор може використовуватися для програмування жорстких дисків, роутерів, Arduino, мобільних телефонів і смартфонів, тюнерів, а також будь-яких пристроїв з TTL-логікою. [37]

### 3.3 3Д модель корпусу

Моделювання пристрою було здійснено у середовищі Solidworks 2018.



А

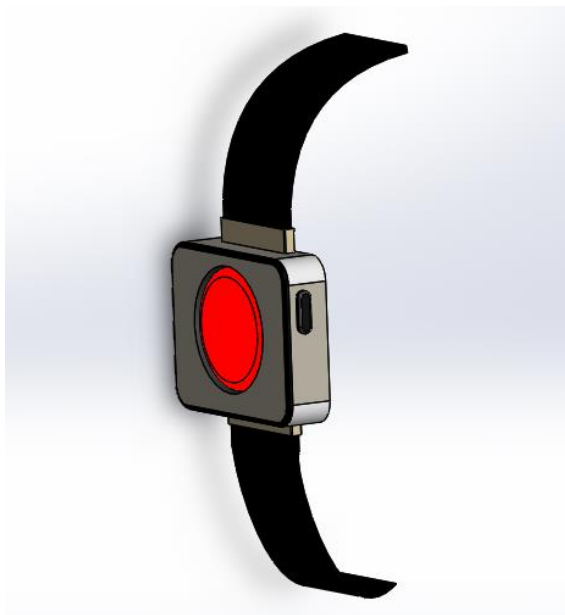


Б

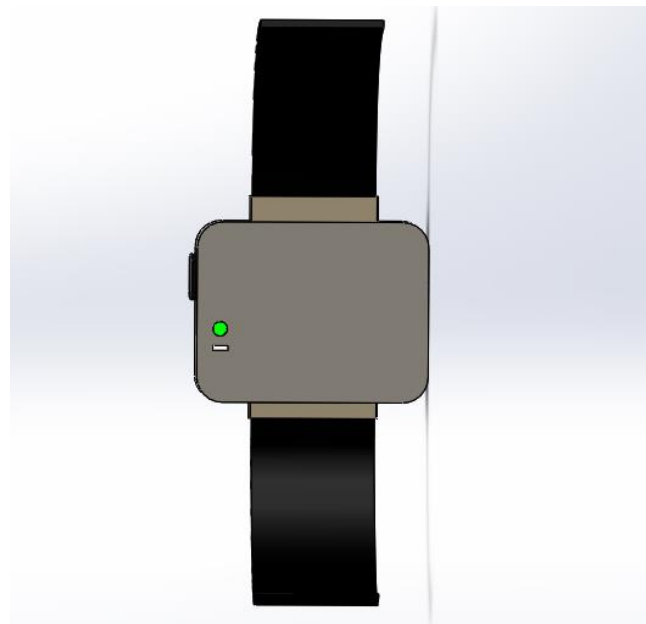
Рисунок 3.4 – 3д модель вид справа: А – попередня версія; Б-поточна версія

В процесі створення 3д моделі та аналізу функціональних можливостей пристрою було визначено основний недолік – тривожна кнопка. Оскільки у попередній версії вона була випуклою, існувала можливість випадкового натиснення, а отже збою у правильності виконання алгоритму. Вирішенням даної проблеми стало перетворення тривожної кнопки, а саме – її було зроблено «впуклою», але достатньо легкою для натиску у випадку небезпеки, як видно на рисунку 3.4 Б.





А



Б

Рисунок 3.5 – 3д модель: А – вид зліва; Б – вид знизу

З рисунку 3.5 А видно, що кнопка ввімкнення пристрою розташована на лівій панелі пристрою, для зручності вмикання зі сторони користувача.

На рисунку 3.5 Б показано спеціальний отвір для світлодіоду та світлоприймача датчика пульсу, оскільки він працює на відображення.

### 3.4 Алгоритм роботи

Розрахунок пульсу відбувається програмно, завдяки бібліотеці `pulsesensorplayground`, яка є в Arduino.

Основним недоліком попереднього алгоритму було неможливість відрізнити чи людина впала чи людина нахилилася, щось підняти. Якщо припустити, що під час нахилу, пристрій досягнув визначеного рівня підлоги, то програма буде чекати чи тримається цей рівень більше 10 секунд, що видно з зазначеного на рисунку 3.6 алгоритму.

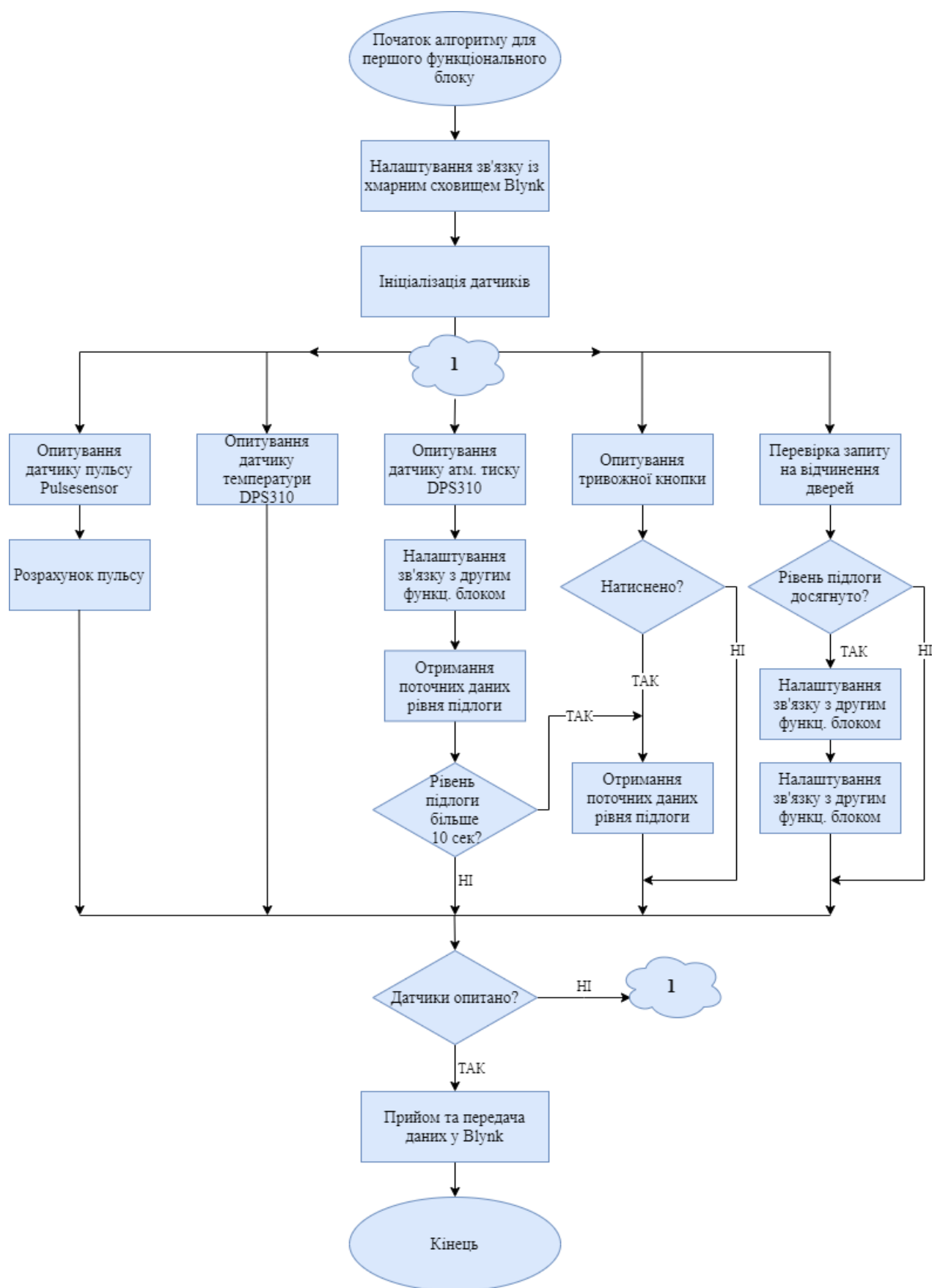


Рисунок 3.6 – Алгоритм роботи функціонального блоку 1

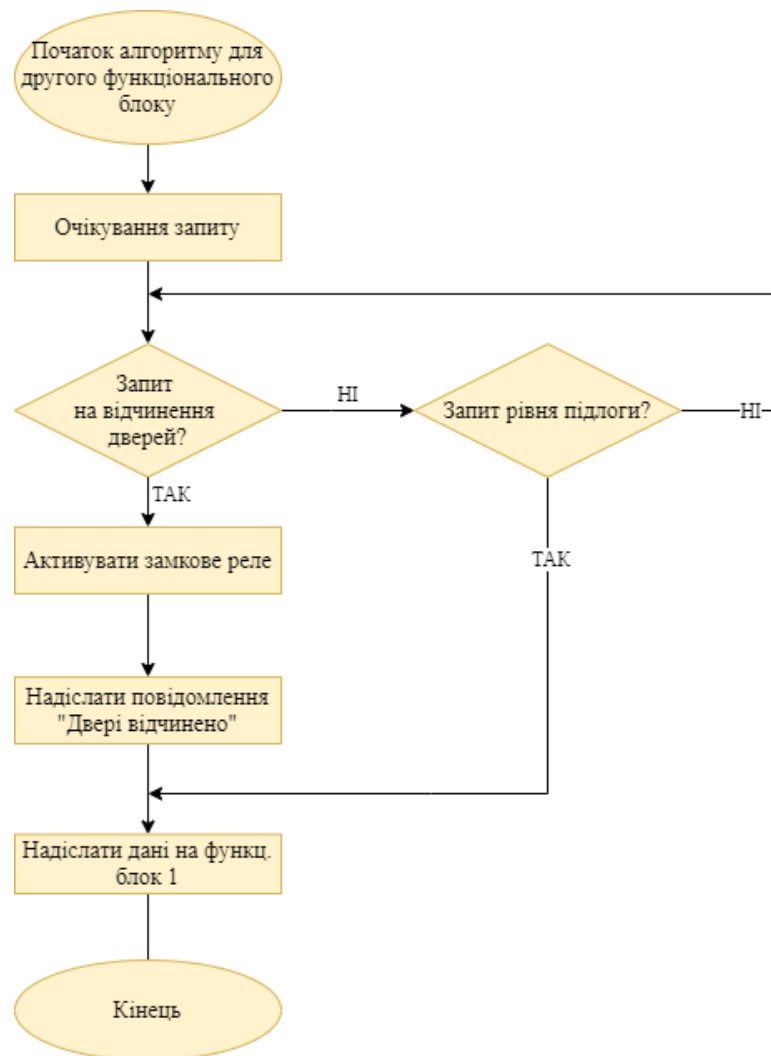


Рисунок 3.7 – Алгоритм роботи функціонального блоку 2

На рисунку 3.7 зазначено алгоритм роботи другого функціонального блоку, слід зазначити, що відчинення дверей не є автоматичним, а отже активація замкового реле відбувається через мобільний додаток, після натискання кнопки «відчинити двері».

### 3.5 Arduino IDE та програмне забезпечення пристрою

Програмне забезпечення пристрою представлено у середовищі Arduino IDE, що базується на C++ та використовується для програмування плат на Arduino. BLYNK це «хмаровий» сервіс, який дозволяє керувати апаратним забезпеченням

віддалено, він може відображати дані датчиків, зберігати дані та візуалізувати їх.  
[38]

Налаштування між пристроєм та додатком BLYNK відбувається через Bluetooth та завдяки унікальному коду BLYNK на початку програми.

`char auth[] = "uOU__wJ0Mhgb7kmSGr9XrWce2EjBV01T";` /унікальний код для BLYNK

В даному фрагменті наведено, яка саме відбувається передача даних з датчиків у мобільний додаток:

```
Blynk.virtualWrite(V0,temperature);
Blynk.virtualWrite(V1, pressure);
Blynk.virtualWrite(V2, myBPM);
int openthedoor = Blynk.virtualRead(V5)
if (openthedoor == 1)
{ if( radio.available() ){           //відсилаємо дані пристрою 2
  radio.stopListening ();
  radio.write(data, 1);}
}
if (doorstate == 1)
{ emaildooropened();
}
}
```

На рисунку 3.8 наведено їх візуальне відображення:

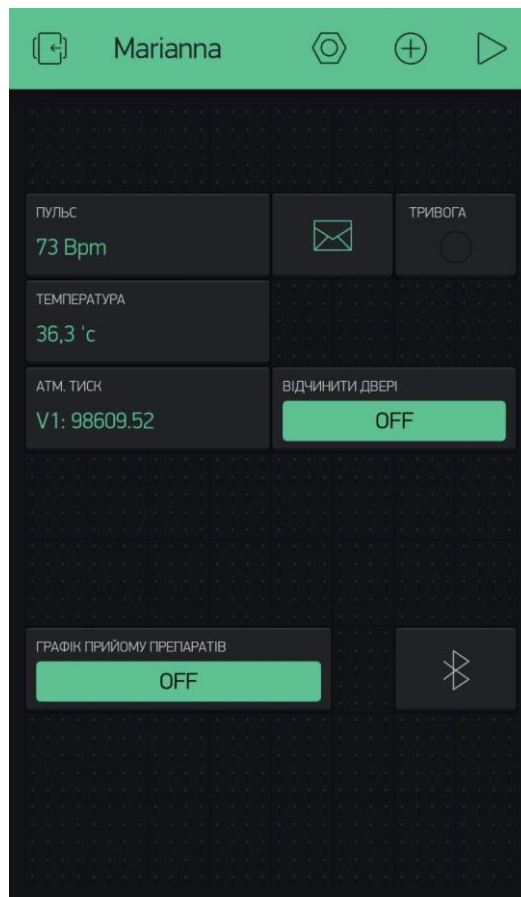


Рисунок 3.8 – Інтерфейс додатку Blynk

### Висновок до розділу 3

В даному розділі було виправлено основний недолік розроблюваного пристрою, а саме ймовірність того, що пристрій не зможе детектувати падіння людини, удосконалено алгоритм для першого функціонального блоку, враховуючи можливі помилки у використанні. Розроблено електричні принципові схеми обох блоків. Вдосконалено 3д модель модифікацією тривожної кнопки. Також було створено код програмного забезпечення для контролю пристрою та його з'єднання з додатком BLYNK.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 4.1.1 Технічні характеристики

В ході виконання дипломної роботи створюється пристрій віддаленого контролю фізіологічного стану людей похилого віку. Даний пристрій призначений для домашнього використання та дозволяє віддалено контролювати фізіологічні параметри людини похилого віку, а у разі небезпеки надсилає сповіщення на мобільний пристрій користувача. Пристрій спроектовано на платі Arduino Pro mini на мікроконтролері Atmega328, до якого прикріплені датчик пульсу PulseSensor та датчик висоти і температури DPS310, а також модуль безпроводної передачі даних HC-05.

Характеристики пристрою представлені у таблиці 3.1:

Визначені класи за способом захисту обраних компонентів пристрою було зазначено відповідно до ДСТУ EN 61140:2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо утановок та обладнання». Клас за ступенем захисту було визначено згідно ДСТУ EN 60529:2018 «Ступені захисту, забезпечувані кожухами». Код захисту оболонки або код IP електрообладнання від проникнення твердих предметів і води було визначено відповідно до міжнародних стандартів IEC 60529. Ніяких вимог щодо освітленості, температури та вологості немає.

#### 4.1.2 Складові частини пристрою

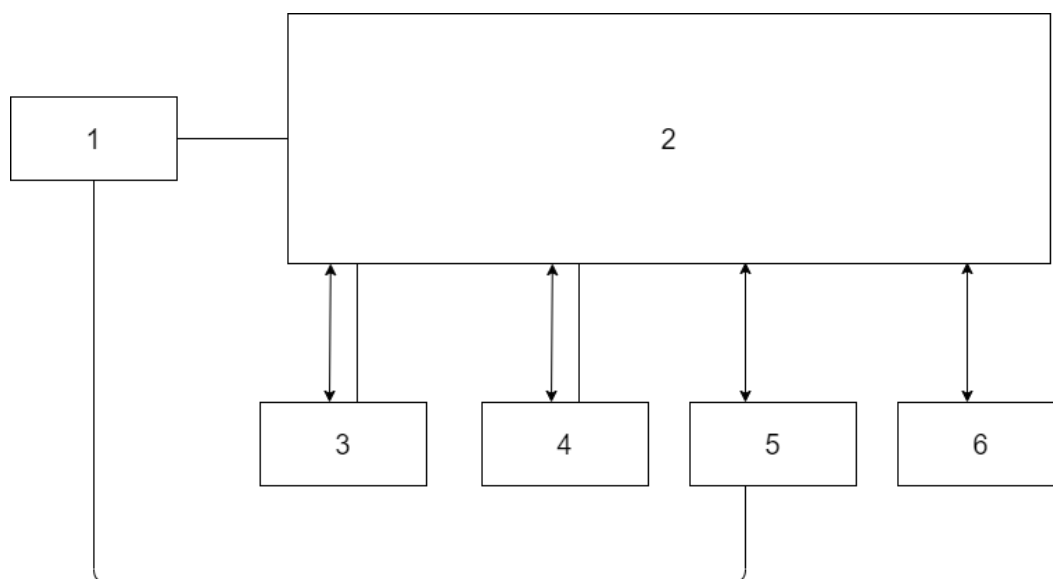


Рисунок 4.1 – Функціональна блокхема пристрою

Бінаправленими стрілками показані електричні зв'язки. Одинарними лініями показані зв'язки подачі живлення на елементи. 1 – елемент живлення (батарея Li-ion 4.2 В); 2 – плата Arduino Pro mini на мікроконтролері ATmega328; 3 – датчик пульсу PulseSensor; 4 – датчик тиску та температури DPS310; 5 – Bluetooth модуль, для передачі даних на мобільний пристрій та реле; 6 – радіомодуль;

Bluetooth модуль підключений окремо, через свій стабілізатор.

#### 4.2 Характер взаємодії приладу в системі «людина-об'єкт»

Найменування функціональних блоків пристрою та інформація, яка відображається користувачу представлені в таблиці 4.1 :

Таблиця 4.1 – Взаємодія пристрою в системі «людина-об'єкт»

№	Найменування функціонального блока	Вид відображення інформації	Кількість
1	Датчик пульсу PulseSensor	Дані про стан пульсу на екрані мобільного пристрою у додатку BLYNK;	1
2	Датчик температури DPS310	Дані про температуру на екрані мобільного пристрою у додатку BLYNK;	1

### Продовження таблиці 4.1

№	Найменування функціонального блока	Вид відображення інформації	Кількість
3	Датчик тиску DPS310	Виведення тривожного повідомлення на екран мобільного пристрою у додатку BLYNK, у разі різкого досягнення рівня підлоги;	1

Пристрій має функціональні блоки, які дають змогу слідкувати за основними параметрами задля забезпеченням безпеки пацієнта. Це дозволить у разі виникнення надзвичайної ситуації вчасно вжити необхідні заходи, та врятувати життя.

### 4.3 Оцінка потенційних небезпек, що створюються конструкцією об'єкту, який проектується та заходи їх усунення

Небезпеки та джерела, що можуть їх викликати до кожного функціонального блоку наведені у таблиці 4.2:

Таблиця 4.2 – Основні небезпеки, які створюються в технологічному процесі

№	Найменування функціо-нального блоку	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Плата Arduino Pro mini на мікроконтролері ATmega328	Електричний струм	Неправильне з'єднання між функціональними блоками	Опіки на тілі пацієнта, пошкодження плати, несправність пристрою;
			Пошкодження ізоляції провідних з'єднань	Ураження ел. струмом
2	Li-I акумулятор	Підвищена напруга живлення	Порушення в роботі блока живлення, вихід з ладу контролера заряду	Вибух акумулятора, опіки на тілі пацієнта
		Пошкодження захисної оболонки	Контакт з водою або вогнем, механічна деформація.	Ураження електричним струмом



Таблиця 4.3 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Електричний струм	500 мА	10 мА
2	Підвищена напруга	перенапруга	6 – 20 В;
3	Пошкодження захисної оболонки акумулятора	Можливе	Не допускається

Нормативне значення для електричного струму було визначено згідно ДСТУ EN 61140:2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання». Нормативні значення напруги було визначено згідно технічної документації мікроконтролера Arduino Pro mini на ATmega328.

Таблиця 4.4 – Заходи з забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	Використання акумулятору, що має контроль захисту;	Контроль робочою температурою, що не допускає перегрів та пошкодження ізоляції;
		Вибір з'єднуючих дротів відповідно до вимог передачі температури	Уникнення перегріву з'єднань між компонентами пристрою;
		Виготовлення корпус із герметичного та важкозаймистого матеріалу із додатковою силіконовою прокладкою	Уникнення потрапляння води на акумулятор та короткого замикання.
		Використання правильного зарядного пристрою, а саме 500 мА на 5В;	Унеможливлення перезарядження акумулятора
2.	Організаційні заходи	Інструкція з експлуатації приладу	Навчання з питань безпеки при експлуатації приладу
3.	Режимні заходи	Перевірка роботи пристрою спеціалістом	Унеможливлення контакту користувача із елементами пристрою, що знаходяться під напругою
4.	Експлуатаційні заходи	Перевірка акумулятора	Забезпечення безпечного користування

У таблиці 4.4 наведені заходи по забезпеченню безпечного користування пристроєм, даний пристрій є безпечним для людей, що мають кардіостимулятори.

Також експлуатація пристрою під час підключення до живлення є безпечною, але з точки зору зручності використання та правильності роботи пристрою не рекомендовано.

#### 4.4 Небезпека пожежі

Небезпека пожежі може виникнути через раптовий перепад напруги на блоках приладу, а також через певні помилки в експлуатації, їх наведено у таблиці 4.5:

Таблиця 4.5 - Основні небезпеки пов'язані з виникненням пожежі

№	Найменування компоненту	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Мікроконтролер Arduino Pro mini	Виникнення електричних іскор	Підвищення температури складових частин пристрою, та його з'єднань;	Загоряння пристрою, пожежа;
2	Li-I акумулятор	Струм короткого замикання	Несправність роботи блоку живлення	Загоряння пристрою, пожежа;
		Витік електроліту	Порушення умов експлуатації	
3	Функціональні блоки	Перепад напруг	Різкий перепад напруг в мережі під час зарядки	Загоряння пристрою, пожежа

Таблиця 4.6 - Заходи з забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні засоби	покриття деталей ізоляції спеціальними лаками для усунення витоків струму, а також покриття корпусу силіконовим прошарком;	Захист від загоряння приладу

Продовження таблиці 4.6

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні засоби	Вибір з'єднуючих дротів відповідно до вимог передачі температури	Уникнення перегріву з'єднань між компонентами пристрою;
2	Організаційні заходи	Інструкція з експлуатації, технічний огляд	Навчання з питань безпеки при експлуатації приладу
3	Експлуатаційні заходи	Систематична перевірка справності апарату та його функціональних елементів;	Своєчасне виявлення дефектів, які можуть призвести до загоряння;

Даний перелік заходів дозволить уникнути перегрівання складових пристрою та виникнення пожежі, що забезпечить його безпечне використання.

#### 4.5 Розробка інструкції з техніки безпеки при експлуатації спроектованого об'єкту

1. Перед використанням приладу обов'язково ознайомитись з інструкцією приладу.
2. Налаштування правильної роботи приладу та його технічне обслуговування має здійснюватись представником компанії, клінічним інженером.
3. Для точної роботи необхідно проводити калібрування пристрою щодня перед початком його використання.
4. Клінічний інженер має ознайомити користувачів з правилами його безпечного використання.
5. Треба уникати різких ударів та поштовхів під час використання, а також під час транспортування.
6. Перед включенням пристрою необхідно перевірити чи справно працює Bluetooth модуль.
7. Незважаючи на водонепроникність пристрою, краще уникати контакту з водою.
8. Для безпечного користування пристроєм, необхідно дотримуватися всіх зазначених правил.

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

## Висновок до розділу 4

У даному розділі було розглянуто та оцінено потенційно небезпечні і шкідливі виробничі фактори що створюються конструкцією апарату, який проектується, та заходи їх усунення. Основною небезпеку складають електричні елементи.

Було розроблено інструкцію з техніки безпеки при експлуатації спроектованого пристрою.

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

## ВИСНОВКИ

Здійснено аналіз літератури, в ході якого було проаналізовано існуючі пристрої та їх недоліки. Завдяки чому було розроблено функціональну блоксхему пристрою та визначено його функціонал.

Обрано датчики для виконання основних функцій (вимірювання пульсу датчиком PulseSensor, вимірювання температури та детекція падіння датчиком DPS310). В результаті дослідження датчику DPS310 було знайдено основний недолік, а саме неможливість правильної детекції падіння одним датчиком атмосферного тиску. Проблему було виправлено розробкою додаткового функціонального блоку, який буде пов'язаний з основним пристроєм завдяки радіомодулю NRF24L01. Завдяки створенню додаткового функціонального блоку стало можливим виконання ще однієї функції – віддаленого відчинення дверей методом відмикання замкового реле (у випадку, коли викликали швидку, а двері відчинити не встигли).

Реалізовано програмне забезпечення на основі Arduino IDE, а мобільний додаток створено завдяки хмарному сховищу BLYNK, що створено для віддаленого контролю пристроїв на Arduino.

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ВООЗ констатує - людство “старіє” [Електронний ресурс]– 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-culture/2549255-vooz-konstatue-ludstvo-starie.html>
2. Overview of Geriatric Care / Daniel B. Kaplan , Barbara J. Berkman // MSD – 2016. – С. 240 – 244
3. Moore BJ, Stocks C, Owens PL: Trends in emergency department visits, 2006–2014. HCUP Statistical Brief #227. Agency for Healthcare Research and Quality, 2017
4. Общее представление о мониторах пациента. Как выбрать? [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://cordismed.ru/monitory-pacienta/obshee-predstavlenie-monitorov-pacienta.html>
5. Mhealth spotlight: Lively senior medical alert system [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://blog.evisit.com/mhealth-spotlight-lively-senior-medical-alert-system>
6. Bay alarm medical [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.bayalarmmedical.com/medical-alert-system/>
7. GSMIN B11 [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до ресурсу: [https://gsmin.ru/catalog/krasota\\_i\\_zdorove/umnye\\_chasy\\_i\\_braslety/braslety\\_s\\_knopko\\_y\\_sos/braslet\\_s\\_knopko\\_y\\_sos\\_dlya\\_pozhilykh\\_lyudey\\_gsmin\\_sb11\\_chernyy/](https://gsmin.ru/catalog/krasota_i_zdorove/umnye_chasy_i_braslety/braslety_s_knopko_y_sos/braslet_s_knopko_y_sos_dlya_pozhilykh_lyudey_gsmin_sb11_chernyy/)
8. Comarch Wristband [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.comarch.com/healthcare/products/remote-medical-care/remote-care-services/e-careband/>
9. Coronavirus: People-tracking wristbands tested to enforce lockdown [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.bbc.com/news/technology-52409893>
10. Как умные часы, спортивные трекеры и прочие гаджеты измеряют пульс? Часть 1 [Електронний ресурс] – 2015. – Режим доступу до ресурсу: [https://habr.com/ru/company/darta\\_systems/blog/377197/](https://habr.com/ru/company/darta_systems/blog/377197/)

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

11. Fall-Detection Algorithm Using 3-Axis Acceleration: Combination with Simple Threshold and Hidden Markov Model/ Dongha Lim, Chulho Park, Nam Ho Kim, Sang-Hoon Kim, Yun Seop Yu // Advanced Mathematics and Numerical Modeling of IoT (Internet of Things) – 2014

12. Emergency Fall Notifier With Panic Button [Электронный ресурс] – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.instructables.com/id/Emergency-Fall-Notifier-Cum-Panic-Button/>

13. Wearable Fall Detection using Barometric Pressure Sensing / Congrui Liu // Mituniversitet – 2016

14. Arduino Pro Mini — Характеристики, распиновка, описание платы [Электронный ресурс] – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://micro-pi.ru/arduino-pro-mini->

15. Arduino Comparison Guide [Электронный ресурс] – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/arduino-comparison-guide/atmega328-boards>

16. DPS310-Pressure-Sensor [Электронный ресурс] – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://github.com/Infineon/DPS310-Pressure-Sensor>

17. Измеряем высоту с точностью до 5 см с новым датчиком давления от Infineon Sensor [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.compel.ru/lib/81766>

18. DPS310 [Электронный ресурс] – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-DPS310-DataSheet>

19. Датчик давления и температуры BMP180 [Электронный ресурс] – 2018. – Режим доступа до ресурсу: [https://roboshop.spb.ru/index.php?route=product/product/download&product\\_id=131&download\\_id=225](https://roboshop.spb.ru/index.php?route=product/product/download&product_id=131&download_id=225)

20. Барометрический датчик давления и температуры BMP180 [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.arduinka.top/product/barometricheskij-datchik-davleniya-i-temperature-bmp180>

					БМ61.13.2505.1191	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

21. What is a Pulse sensor? [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.rohm.com/electronics-basics/sensor/pulse-sensor>
22. Pulse sensor [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://components101.com/sensors/pulse-sensor>
23. Ардуино: датчик пульса [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://robotclass.ru/tutorials/arduino-pulse-sensor/>
24. MAX30100 [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30100.pdf>
25. TP4056 [Электронный ресурс] – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://micropi.ru/tp4056%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C-%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%BA%D0%B8-li-ion/>
26. HC-05 [Электронный ресурс] – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/bluetooth-modul-hc-05/>
27. HC-05 and HC-06 zs-040 Bluetooth modules. First Look [Электронный ресурс] – 2014. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.martyncurrey.com/hc-05-and-hc-06-zs-040-bluetooth-modules-first-look/>
28. HC-06 Bluetooth Module [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://components101.com/wireless/hc-06-bluetooth-module-pinout-datasheet>
29. ESP8266 WiFi Module [Электронный ресурс] – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.electronicwings.com/sensors-modules/esp8266-wifi-module>
30. NRF24L01 [Электронный ресурс] – 2016. – Режим доступа до ресурсу: [http://zi-zi.ru/docs/modules/info\\_NRF24L01.pdf](http://zi-zi.ru/docs/modules/info_NRF24L01.pdf)
31. NRF24L01 2.4 ГГц радио/беспроводные передатчики и Arduino [Электронный ресурс] – 2016. – Режим доступа до ресурсу: [http://zi-zi.ru/docs/modules/info\\_NRF24L01.pdf](http://zi-zi.ru/docs/modules/info_NRF24L01.pdf)
32. Феномен Blynk и его альтернативы [Электронный ресурс] – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <https://blog.kvv213.com/2017/02/phenomen-blynk-i-ego-alternativy/>



33. Технічна документація BLYNK [Електронний ресурс] – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://shoorik007.github.io/#sharing-shared-access-to-your-hardware>

34. Blynk: простое управление Raspberry и Arduino [Електронний ресурс] – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://lifehacker.ru/blynk/>

35. Shared access [Електронний ресурс] – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://community.blynk.cc/t/shared-access/21163>

36. Особенности современных барометрических датчиков и возможности их применения на летательных аппаратах / Искендеров И. А., Рюстамов М. Г. // International scientific and practical conference world science – 2016. – С. 55–59.

37. USB Программатор UART CP2102 (подходит для Arduino Pro Mini) [Електронний ресурс] – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://iarduino.ru/shop/programmers/usb-programmator-uart-cp2102-podhodit-dlya-arduino-pro-mini.html>

38. Arduino IDE: программная среда для разработки под Ардуино [Електронний ресурс] – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://arduinoplus.ru/arduino-ide-opisanie-gde-skachat/>

## ДОДАТОК А

### Програмний код ініціалізації датчиків

```

PulseSensorPlayground pulseSensor; // Створюємо об'єкт "pulseSensor"
float temperature; //змінна температури
float pressure; //змінна атмосферного тиску

int myBPM = pulseSensor.getBeatsPerMinute(); //отримуємо дані серцебиття за допомогою бібліотеки
pulseSensorplayground
if (pulseSensor.sawStartOfBeat()) {
  Serial.println("❤️ A HeartBeat Happened ! ");
  Serial.print("BPM: "); // визначаємо дані пульсу в ударах на хвилину
  Serial.println(myBPM);//

Dps310PressureSensor.measureTempOnce(temperature); //змір температури
Dps310PressureSensor.measurePressureOnce(pressure); //змір атмосферного тиску

Обмін даними між функціональним блоком 1 і функціональним блоком 2
//якщо доступні дані радіоканалу з функціонального блоку 1, читаємо
if( radio.available() ){
  radio.read      (openthedoor );
  if(openthedoor == 1){
    digitalWrite(10, LOW); //відчиняємо двері
    radio.write(doorstate);
  }
}

Dps310PressureSensor.measurePressureOnce(pressure); //змір атмосферного тиску
radio.stopListening ();
radio.write(pressure); // Відправляємо дані на перший блок

```